



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Ciências Sociais e Humanas

Resíduos sólidos urbanos e geração de eletricidade: Evidência empírica em países da UE

Joana Filipa Gomes Gouveia

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Economia
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor António Manuel Cardoso Marques
Co-orientador: Prof. Doutor José Alberto Serra Ferreira Rodrigues Fuinhas

Covilhã, Junho de 2013

Agradecimentos

Para a realização deste estudo não posso deixar de destacar o apoio imensurável de várias pessoas que estiveram presentes de alguma maneira, e fizeram com que fosse possível este trabalho.

Destaco um especial agradecimento a toda a minha família, pais, irmão, e todos no geral que sempre estiveram presentes, direta ou indiretamente. A eles um grande e profundo agradecimento por sempre acreditarem em mim e por tornarem este trabalho possível. Agradeço ainda especialmente ao meu namorado, por todo o apoio, paciência, tempo e entusiasmo transmitido ao longo de todo o processo.

Um marcado agradecimento para o meu orientador, Professor Doutor António Manuel Cardoso Marques, pela sua orientação, dedicação, vontade e incentivos dados ao longo desta dissertação, a fim de aperfeiçoar este trabalho. E ainda, um imenso agradecimento para o Professor Doutor José Alberto Serras Ferreira Rodrigues Fuinhas para sua preciosa ajuda e colaboração.

Por ultimo, um agradecimento muito especial para todos os meus grandes amigos que considero família de faculdade, aos quais não enumero nomes, pois sabem quem são.

Resumo

Para a realização deste estudo efetuamos uma análise dos determinantes que influenciam o tratamento de RSU em produção de energia elétrica. Para tal, consideramos técnicas de dados em painel nos 27 países da UE, num período compreendido entre 1995-2008. Dada a importância de tratamento adequado para os RSU, que é uma das grandes questões da política ambiental na UE27, surgiu a necessidade de dar um suporte à literatura existente através da estimação de uma análise empírica ainda pouco abordada. Foi utilizado o modelo de efeitos aleatórios e devido à presença de heterocedasticidade e de correlação contemporânea recorremos ao estimador PCSE como prova de robustez dos resultados. Os resultados apontam para a necessidade de apostar na reutilização de resíduos sólidos urbanos (RSU) em produção de energia elétrica com o objetivo de reduzir o impacto ambiental provocado colmatando a intermitência que caracteriza algumas das energias renováveis dependentes de questões climáticas. As soluções passam por suprir as insuficiências políticas e os incentivos/subsídios públicos que continuam a ser um entrave nos investimentos em energias alternativas.

Palavras-chave

Resíduos sólidos urbanos; gestão de resíduos sólidos; crescimento económico; energias renováveis; energia elétrica

Abstract

For this study we carried out an analysis of the determinants influencing the treatment of MSW in electricity production. To this end, we consider techniques for panel data in the 27 EU countries in the period 1995-2008. Given the importance of appropriate treatment for MSW, which is one of the major issues of environmental policy in the EU27, the need arose to give support to the existing literature by estimating an empirical analysis still little addressed. We used a random effects model and due to the presence of heteroscedasticity and contemporaneous correlation estimator SBB resorted to as evidence of robustness of the results. The results point to the need to focus on reuse of municipal solid waste (MSW) in electricity production with the aim of reducing the environmental impact by bridging the intermittency featuring some of the renewable energy dependent on climatic issues. The solutions are insufficient for meeting the policy and incentive / public subsidies that continue to be an obstacle in investments in alternative energy.

Keywords

Municipal solid waste, solid waste management, economic growth, renewable energy, electric energy

Índice

1. Introdução	1
2. Debate sobre resíduos sólidos urbanos e a recuperação de energia elétrica	3
3. Dados e Metodologia	6
3.1. Dados	6
3.2. Metodologia	10
4. Resultados	13
5. Discussão dos resultados	17
6. Considerações Finais	20
Referências	21

Lista de Figuras

Figura 1: Valor médio da eletricidade gerada a partir de RSU entre 1995-2008.

Lista de tabelas

Tabela 1: Estatísticas descritivas

Tabela 2: Apresentação dos resultados

Tabela 3: Matriz das correlações e VIF

Tabela 4: Testes para verificar presença de correlação contemporânea

Tabela 5: Correlação contemporânea

Lista de Acrónimos

AR1	Erro autorregressivo de primeira ordem
CO2	Dióxido de carbono
UE	União europeia
UE27	Bélgica, Bulgária, República Checa, Dinamarca, Alemanha, Estónia, Irlanda, Grécia, Espanha, França, Itália, Chipre, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Hungria, Malta, Holanda, Áustria, Polónia, Portugal, Roménia, Eslovénia, Eslováquia, Finlândia, Suécia, Reino-Unido
FE	Efeitos Fixos
RE	Efeitos Aleatórios
OLS	Ordinary Least Squares
GDPpc	Produto Interno Bruto Per Capita
TWh	Terawatts
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
RS	Resíduos Sólidos
LM	Multiplicador de Lagrange
EM	Estados-Membros
VIF	Variance Inflation Factor
STATA	Data Analysis and Statistical Software
DPS	Desvio Padrão Standard
DPR	Desvio Padrão Robusto
PCSE	Panel Corrected Standard Errors
GRSU	Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

1. Introdução

A quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) que é gerada todos os dias, levou a que a sociedade começasse a ter de encarar a sua produção, remoção e destino final com maior responsabilidade. Para tal, causas como a densificação das cidades à custa do abandono das áreas rurais, o aumento de bens que são embalados e um consumismo crescente das populações, aliados à elevada composição e a produção de resíduos sólidos urbanos, tornaram possível que as questões ambientais passassem a ser uma das maiores preocupações do século XXI. Neste sentido, se por um lado, consequências para a saúde populacional e para o meio ambiente aliadas a uma correta e acertada gestão de resíduos sólidos urbanos (GRSU) são uma prioridade e uma urgência para a Europa, assim como para todo o mundo, particularmente nos países em desenvolvimento (Wilson, 2007). Por outro lado, para países desenvolvidos, fatores como a saúde pública, o ambiente, a escassez de recursos, as mudanças climáticas, sensibilização e participação pública, foram determinantes na gestão de resíduos (Marshall e Farahbakhsh, 2013).

Alternativas foram necessárias e a aposta em energias renováveis tornou-se a opção mais viável no desenvolvimento sustentável, tal como demonstra a diretiva da UE (2009/28/CE), ao pretender aumentar a quota de energias renováveis para 20% até 2020 nos diversos EM da UE. Surge assim, a necessidade de contribuir para o tema das energias renováveis, nomeadamente no que respeita à recuperação de RSU, através de um estudo empírico que até então tem sido pouco abordado pela literatura. O objetivo passa por analisar os determinantes que influenciam a recuperação de RSU através de duas vertentes, o impacto ambiental provocado e a produção de eletricidade a partir de resíduos. Relativamente à possível solução de produzir energia elétrica a partir de resíduos, impõem-se a questão da importância da recuperação de RSU no âmbito das energias renováveis e da intermitência e imprevisibilidade que caracterizam estas fontes de energia (ex. sol e vento) fornecidas pela natureza.

Muitas têm sido as investigações com vista a minorar o número de RSU na Europa. No entanto, as opiniões continuam contraditórias e os *trade-offs* entre as alternativas tecnológicas, políticas e económicas, têm dificultado o progresso do reaproveitamento energético dos RSU, afirmam Pires et al. (2011). Apesar de a literatura ser bastante vasta relativamente ao potencial energético que advém dos RSU nos países da UE, estudos empíricos continuam a ser escassos no sentido de responder a questões no que respeita à viabilidade económica, ambiental e social. Outra questão que se levanta é a escassez de respostas à importância dos incentivos e das políticas públicas na gestão dos RSU, que vêm no sentido de otimizar recursos, transformando-se em oportunidades de investimento com geração de emprego para as populações, assim como obtenção de receitas para os Países. Deste modo, surgem então duas questões: será então um modo de se reconhecer que a gestão

dos RSU passa de um problema socio-ambiental para uma oportunidade de investimento? E serão os países da união europeia auto-suficientes e capazes de reutilizar RSU sem comprometer a viabilidade ambiental?

A composição do trabalho passa por analisar primeiramente a problemática ambiental relativa à geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) nos 27 países da UE e a consequente recuperação em energia elétrica, seguido da metodologia onde se aplica a necessidade de testar a interação entre os determinantes que influenciam a produção de RSU e o impacto ambiental provocado, assim como o impacto da reutilização dos RS em energia elétrica. Pretende-se assim, dar um contributo para o tema que envolve RSU, através de um estudo empírico com maior quantidade de informação, maior variabilidade dos dados, e maior eficiência. Para tal, aplicaremos técnicas econométricas num conjunto de dados em painel que é baseado na teoria económica, com estimação do modelo de efeitos fixos e efeitos aleatórios, assim como a aplicação de OLS. Devido à presença de heterocedasticidade e de correlação contemporânea recorreremos ao estimador PCSE e aos modelos com estimação robusta.

A amostra irá ser de 27 países da União Europeia num horizonte temporal de 1995 a 2008. O objetivo passa por testar o impacto da geração de RSU no meio ambiente e na produção de energia renovável. Para tal, ter-se-á em conta fatores como o PIB, população urbana, importação de RSU, despesas em proteção ambiental, incentivos a utilização de combustíveis limpos, emissões de CO₂ e principais energias renováveis.

Numa parte final dar-se-á lugar à análise dos resultados obtidos seguido da discussão e das conclusões.

2. Debate sobre resíduos sólidos urbanos e a recuperação de energia elétrica

A partir do momento em que começamos a assistir ao aumento do aquecimento global e consequentes mudanças climáticas, que as questões ligadas ao meio ambiente têm sido uma preocupação denotada para a população em geral, e em particular nos países da UE. Uma parte dessa preocupação está diretamente relacionada com o aumento do consumismo das populações, que por consequência se liga ao aglomerado número de resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados. Para tal, torna-se necessário apostar em fontes de energias alternativas e ambientalmente sustentáveis, com vista à diminuição das emissões de gases de efeito de estufa (Zahedi, 2011).

Dado o crescente aumento da procura por energias de fontes renováveis relativamente ao mercado global de energia (Varun et al., 2009), o objetivo passa por garantir estabilidade na produção e sustentabilidade no sistema de energia elétrica. Para tal, dado o aumento da procura de energia através de fontes renováveis, é expectável um aumento da produção de energia solar e eólica (Nikolakakis e Fthenakis, 2011). No entanto, apesar de Zahedi, (2011) considerar que estas energias garantem uma sustentabilidade ambiental futura, Glasnovic e Margeta, (2011) defendem que estas ao serem dependentes de questões climáticas, como o sol ou o vento, são limitadas e imprevisíveis, o que não garante a estabilidade pretendida num sistema de energia elétrica sustentável. Surge então uma alternativa para suprir o crescente aumento da produção de RSU, que é a aposta no tratamento e aproveitamento de resíduos em energia elétrica, que consequentemente desempenha um papel importante no crescimento económico de um país (Münster e Meibom, 2011).

Como referido por Marques e Fuinhas, (2012), é fundamental motivar os países a implementar incentivos/subsídios que beneficiem os investimentos em energias alternativas. Um instrumento que conduziu ao apoio da implementação de energias renováveis, foi as tarifas *feed-in*, que levaram os investidores a apostar em energias limpas, pois a sua fixação de preços por um longo período de tempo, garantiu mais segurança (Ragwitz et al., 2007).

Muitos têm sido os investigadores a debaterem a necessidade do reaproveitamento de RSU, nomeadamente Oliveira e Rosa (2003), Pires et al. (2012), Marshall e Farahbakhsh (2013), no que respeita ao potencial das energias renováveis, mais propriamente, a gestão de RSU e seus benefícios a nível económico, social, político e ambiental. No entanto, autores como, Vollebergh (1997), Consonni e Viganò (2011), Münster e Lund (2009), Consonni et al. (2011), Noor et al. (2013), remetem-nos para a importância de apostar no reaproveitamento energético a partir da recuperação de RSU, podendo ser uma alternativa à intermitência caracterizada por algumas das energias renováveis.

O acesso a energias mais limpas que continuem a satisfazer as necessidades das populações é uma realidade. No entanto, há que levar em conta que no caso de países como a China, considerado o maior produtor de RSU do mundo, devem ser ponderados diversos aspetos que são entraves à gestão de resíduos, nomeadamente a escassez de tratamento adequado, capacidade de eliminação **segura** e falta de implementação de políticas (Xudong et al., 2009). Ainda outros fatores como o rápido crescimento económico e o aglomerado das populações, aliado aos padrões de consumo e às atividades económicas urbanas, exercem graves impactos no ambiente em termos de consumo e eliminação de RSU. No seguimento do referido anteriormente, e ainda no caso de países com grande geração de RSU, como é a Alemanha e os países nórdicos, Münster e Meibom (2011), defendem a gestão de resíduos em sistemas de reaproveitamento energético, onde realçam a importância da utilização de resíduos no futuro dos sistemas de energia de países com elevado crescimento económico. O objetivo passa por otimizar a qualidade dos investimentos e a produção dentro dos sistemas de energia o que vem de encontro com os desejos da UE em reduzir a quantidade de resíduos biodegradáveis para 35% dos resíduos biodegradáveis produzidos em 1995. Nas metas fixadas pela UE, Münster e Lund (2010) e Münster e Meibom (2011), relembram que o reaproveitamento de resíduos em sistemas de energia é bastante benéfico e atrativo. No entanto, o aumento da produção de energia renovável tem de ter presente a preocupação com a qualidade ambiental, nomeadamente no que respeita à diminuição das emissões de CO₂. Esta condição vem de encontro com as metas a atingir até 2020 por parte da UE: mais 20% de energia renovável e 20% menos emissões de CO₂, também mencionado na legislação mais recente da CE relativa a resíduos, 2008/98/CE (UE, 2008) do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008, com vista na proteção do meio ambiente e da saúde humana, através da prevenção dos impactos adversos da produção e da gestão de resíduos (Pires et al. 2011). As políticas adotadas pela UE, apesar de se denotarem ainda insuficientes, remetem para a necessidade de impor aos países uma maior consciencialização no que respeita à qualidade ambiental e a utilização de energias renováveis.

Vários são os fatores que implicam na quantidade gerada de resíduos e no reaproveitamento energético que daí advém. Para tal, autores como Keser et al. (2012), ao analisarem o caso da Turquia, asseguram que ao dividir um país em sub-regiões, poderíamos observar qual o impacto na geração de resíduos das diferentes áreas de um país, assim como, conseguir um melhor planeamento da gestão de resíduos.

Não existem dúvidas em como a GRSU aliada a benefícios económicos, sociais e ambientais são uma prioridade junto dos países europeus, no entanto, ainda existem muitas disparidades entre os diversos países, defendem Torretta et al. (2013) ao analisarem alguns dos problemas relacionados com a gestão dos resíduos, em países recém-chegados ao seio da UE, como é o caso da Roménia que ao ser comparado com a Itália, um dos países fundadores da UE, revela necessidade de aproveitar a disponibilidade de fundos estruturais disponibilizados. Estes defendem ainda um sistema auto-sustentado na recolha de resíduos,

com base na adoção de incentivos como, prémios para os cidadãos e para os municípios que demonstram melhores resultados na recolha.

As preocupações e os objetivos são comuns na literatura que envolve o tema dos RSU, passando pela diminuição dos efeitos poluentes provocados, pela obtenção uma energia mais limpa e barata com vista a reduzir o impacto na poluição ambiental e aumentando os investimentos que consequentemente remetam à criação de emprego para as comunidades locais. Para tal, a redução eficaz da emissão de poluentes no tratamento de resíduos é importante e conduz a um desenvolvimento sustentável, assim como, minimiza os impactos negativos sobre a saúde humana (Noor et al., 2013).

3. Dados e Metodologia

De maneira a conseguirmos obter uma compreensão mais aprofundada do tema em estudo, apresenta-se em seguida uma análise dos dados recolhidos e testados, tendo em conta a sua descrição, análise, fonte e características. A intenção passa por utilizar uma correta metodologia e compreender quais os determinantes que estão a influenciar a eletricidade gerada a partir de resíduos sólidos urbanos.

Por fim, daremos lugar à discussão sobre a metodologia escolhida e às considerações finais.

3.1. Dados

Foram considerados dados num horizonte temporal de 1995 a 2008, com finalidade de obter um painel balanceado com informação completa.

Para a constituição do painel foram considerados dados dos 27 estados-membros da UE: Bélgica, Bulgária, República Checa, Dinamarca, Alemanha, Estónia, Irlanda, Grécia, Espanha, França, Itália, Chipre, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Hungria, Malta, Holanda, Áustria, Polónia, Portugal, Roménia, Eslovénia, Eslováquia, Finlândia, Suécia, Reino-Unido, com finalidade de realizar uma análise empírica, de maneira a estimar os efeitos que as diversas variáveis independentes detêm sobre a variável dependente, eletricidade gerada a partir de resíduos sólidos urbanos (*ELCTRCT*)

As diversas variáveis explicativas utilizadas para compreender a variável dependente (*ELCTRCT*), de um modo geral, vão de encontro com a literatura presente. Estas foram testadas com intuito de demonstrar o poder explicativo que têm sobre a variável dependente.

De seguida serão apresentadas cada uma das variáveis recolhidas e as suas características:

- ✓ **Eletricidade gerada a partir de resíduos sólidos urbanos (*ELCTRCT*)** - A variável dependente apresenta-se medida terawatts. Trata-se de um indicador que compreende as centrais de produção de energia elétrica a partir de RSU, as centrais de produção de energia elétrica a partir de RSU para abastecimento próprio (auto produção), as centrais elétricas de cogeração, ou seja, produção combinada de calor e eletricidade (CHP) e ainda as centrais elétricas de cogeração para abastecimento próprio. Pretende-se dar um contributo para a literatura através de um estudo empírico, com intuito de perceber qual o impacto ambiental provocado pelo reaproveitamento de RSU em energia elétrica, o contributo para a intermitência que caracteriza as energias renováveis e quais os determinantes que contribuem para a geração de RS.

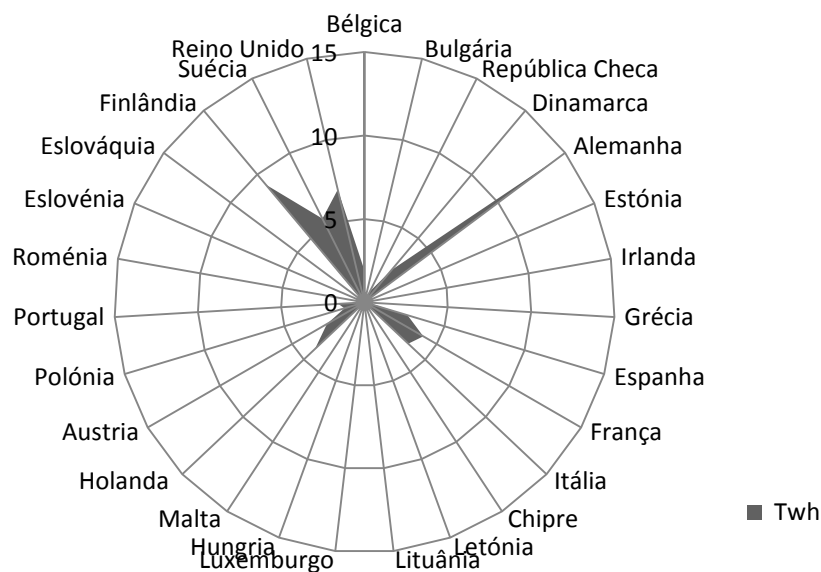


Figura 1: Valor médio da eletricidade gerada a partir de RSU entre 1995-2008

De uma maneira geral podemos observar que os países da UE com maior crescimento económico, assim como, com maior tempo de permanência no seio da UE (Alemanha ou os países nórdicos) denotam uma elevada aposta em energias renováveis, nomeadamente na reutilizar RSU para produção de eletricidade. Contrariamente, e como defende Torretta et al. (2013), observamos que no caso de países recém-chegados à UE (ex. Roménia, Lituânia, Estónia) revelam a necessidade de incentivos/subsídios, assim como políticas para investir em energias limpas, aproveitando os fundos estruturais disponibilizados pela UE.

- ✓ **Logaritmo do PIB *per capita* (LNGDPpc)** - Representa a soma anual, em valores monetários, de todos os bens e serviços produzidos em cada um dos países que ao ser dividido pela população total de cada um dos países, nos remete para um valor médio per capita. Relativamente a esta variável é esperado um sinal positivo face a variável dependente. Mediante o aumento do crescimento económico prevê-se um aumento do consumo de RSU e consequentemente um aumento da produção de eletricidade a partir de resíduos.
- ✓ **População urbana (UP)** - Refere-se à contabilização das pessoas que vivem em áreas urbanas, tal como delimitado pelos institutos nacionais de estatística de cada um dos países. Esta variável é calculada utilizando as estimativas populacionais do Banco Mundial e os rácios urbanos da (*United Nations World Urbanization Prospects*). Com o verificado aumento na deslocação das pessoas para áreas urbanas, também podemos considerar que este aumento influencie o consumo de resíduos nestas áreas. Logo,

também consideramos a existência de uma relação positiva no que respeita a produção de eletricidade que deriva de RSU.

- ✓ **Importações de resíduos sólidos urbanos (IMPORTS)** - é considerado um procedimento comercial e fiscal que consiste em trazer resíduos sólidos urbanos do exterior para o país de referência. Esta variável é medida em milhões de toneladas de óleo equivalente. Pretende-se com esta variável obter uma influência positiva face a variável dependente, pois com o aumento de RSU num determinado país, espera-se um aumento na produção em energia elétrica a partir dos resíduos.
- ✓ **Número de subsídios para investimentos em combustíveis limpos (energias renováveis, resíduos, gás natural) (ICFIND)** - Designam-se por instrumentos e medidas, selecionadas por tipo de medida, no setor da indústria, implementadas nos 27 EM da UE. Tratam-se de incentivos/subsídios para investimentos em combustíveis limpos (energias renováveis, resíduos, gás natural, ...). Depreende-se que ao existir incentivos/subsídios para apostar na produção de energias renováveis, a incerteza sobre os investimentos seja diminuída (Ragwitz et al., 2007), esperando-se assim um impacto positivo relativamente a aposta em recuperar RSU na produção de energia elétrica.
- ✓ **Despesas com proteção ambiental na Europa (ENVPROTEXP)** - Engloba todas as despesas para a proteção ambiental na Europa no total dos investimentos, onde inclui atividades diárias com vista na redução da poluição, como por exemplo, gestão de resíduos, despesas do pessoal que trabalha em questões ambientais e materiais para proteção ambiental. Esta apresenta-se em % do PIB. No que respeita às imposições da UE na legislação mais recente relativamente a resíduos, 2008/98/CE (UE, 2008), e tendo em conta o cumprimento das metas estipuladas para a diminuição dos gases de efeito de estufa, poderemos assumir que ao existir um aumento das despesas com proteção ambiental a redução na produção de energia pode ser uma realidade. Originando assim, uma relação negativa face a produção de energias renováveis. No entanto, quando a produção das energias intermitentes se denotar diminuta face as necessidades, poderemos assistir a uma procura por energias mais poluentes que tentem suprir essas carências. Neste sentido as despesas em proteção ambiental poderão ter um sinal positivo face a produção de eletricidade a partir de RSU.
- ✓ **Energia solar (ENERSOLAR)** - Apresenta-se medida em terawatts e representa toda a energia que advém do sol e que é gerada nos diversos países da UE. A crescente aposta na produção de energias renováveis, designadamente na energia solar, pode impulsionar a um impacto positivo face ao aumento da produção de energia elétrica a partir de renováveis, nomeadamente RSU.

- ✓ **Energia eólica (ENERWIND)** - Esta provém do vento e apresenta-se medida em terawatts. Designa-se por energia eólica e é uma das principais energias renováveis. Trata-se de uma das energias renováveis com maior crescimento denotado nos últimos anos (Varun et al., 2009), e dado a aposta crescente verificamos que quanto maior a capacidade instalada de Energias Renováveis, maior será a geração de Eletricidade Renovável, particularmente a eletricidade a partir de RS.
- ✓ **Emissões de dióxido de carbono per capita (CO2pc)** - Representa o rácio existente entre as emissões de dióxido de carbono com os habitantes dos diversos países da UE. Relativamente às metas delineadas pela UE com finalidade de diminuir os gases de efeito de estufa, podemos verificar uma redução na produção de energia, causando uma relação negativa com a produção de eletricidade a partir de resíduos.

Seguidamente, poderemos verificar pormenorizadamente todas as variáveis com as respetivas fontes e as suas estatísticas descritivas.

Tabela 1: Estatísticas descritivas

<i>Variáveis</i>	<i>Definição</i>	<i>Fonte</i>	<i>Obs</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
ELCTRCT	Electricidade gerada a partir de resíduos sólidos urbanos medida em terawatts	IEA	378	2.321516	3.84491	0	29.219
LNGDP_{pc}	Logaritmo do PIB per capita	World Bank	378	9.346834	.885449	7.224949	10.9400
UP	População urbana	World Bank	378	1.31e+07	1.71e+07	336723.6	6.05e+07
IMPORTS	Importação de resíduos sólidos urbanos (1.000 toneladas de óleo equivalente)	IEA	378	69.57769	170.4867	0	947.649
ICFIND	Número de subsídios para investimentos em combustíveis limpos (energias renováveis, resíduos, gás natural)	MURE II	378	.3888889	.7424837	0	3

ENVPROTEXP	Despesas com protecção ambiental na Europa no total dos investimentos (% do PIB)	Eurostat	351	.1824786	.1507803	0	.71
ENERSOLAR	Energia solar medida em terawatts	Eurostat	378	.0455952	.3343996	0	4.42
ENERWIND	Energia eólica medida em terawatts	Eurostat	378	1.605593	5.044637	0	40.574
CO2_{pc}	Emissões de CO2 per capita	World Bank	378	8.486009	3.490568	2.60076	24.3517

Notas: MURE DATABASE - bases de dados sobre as políticas e medidas de Eficiência de energia, deriva de MURE II (Mesures d'Utilização Rationnelle de l'Energie); organizado pelo Instituto de Estudos para a Integração de Sistemas e do Instituto Fraunhofer para Sistemas e Inovação ISI. IEA significa Agência Internacional de Energia e serviços de dados; EUROSTAT destina-se a divulgar estatísticas detalhadas sobre a UE e países candidatos (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database).

3.2. Metodologia

De modo a obter precisão no estudo empírico, recorreu-se a uma análise baseada na investigação de dados em painel constituída por variadas observações seccionais (*cross-section*) dos diferentes países da UE onde estas são analisadas ao longo de *t* períodos de tempo (times-series). A investigação foi descritiva, onde se observou o relacionamento entre a geração de eletricidade a partir de resíduos sólidos urbanos e os determinantes que contribuem para a geração de eletricidade a partir de RSU.

A escolha do modelo de dados em painel foi baseado na teoria económica, definindo as variáveis incluídas e determinando como estas interagem entre si. Isto deve-se maioritariamente ao facto de ser um modelo que providencia uma maior quantidade de informação, maior variabilidade dos dados e maior eficiência na estimação (Greene, 2003).

Para a estimação de dados em painel recorreremos a vários métodos: OLS (Mínimos Quadrados Ordinários) ou *Pooled*, onde os estimadores são independentes e identicamente distribuídos, desconsiderando a estrutura de dados em painel e a heterogeneidade individual (Johnston e Dinardo, 2001). Para efeitos específicos de cada país podem ser assumidos efeitos fixos ou aleatórios (Baltagi, 2005). Se por um lado, observamos que no modelo de efeitos fixos os efeitos específicos de cada país estão correlacionados com as variáveis explicativas, onde o pressuposto de que existe heterogeneidade dos países se consegue observar na parte constante e os coeficientes podem variar de país para país, ou a mesma unidade de observação pode alterar-se ao longo do tempo, mesmo que permaneçam como variáveis fixas (Greene, 2008). Por outro lado, no modelo de efeitos aleatórios os efeitos específicos de cada

país não estão correlacionados com as variáveis explicativas, poupando graus de liberdade, uma vez que o coeficiente do termo independente de uma unidade individual é aleatório e a sua variância e estimação são através de mínimos quadrados generalizados (Gujarati, 2004).

Para melhor compreensão, evidenciamos em seguida a equação da regressão para o modelo de dados em painel generalizado com a seguinte forma:

$$ELCTRCTwh_{i,t} = \alpha + \sum_{k=1}^k \beta_k X_{k,i,t} + d_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

Onde i representa os diferentes indivíduos e t o período de tempo. O α designa-se pela constante, o parâmetro β é o vetor do coeficiente e o K corresponde a K -ésima variável explicativa do modelo. X_{kit} são as diferentes variáveis independentes, d_t representa a *dummy* temporal e ε_{it} é o vetor termo do erro. O termo do erro advém de $\varepsilon_{it} = \mu_i + \gamma_{i,t}$ onde μ_i não está correlacionado com as variáveis independentes e $\gamma_{i,t}$ é independente e identicamente distribuído.

Em conformidade, foram ainda realizados diversos testes específicos para estimação de dados em painel, tais como: o teste de Wooldridge, com uma distribuição normal $N(0,1)$ estimado em OLS, com a hipótese nula de ausência de autocorrelação de primeira ordem (Wooldridge, 2002); o teste de Wald modificado foi aplicado em efeitos fixos (FE), para testar a presença de heterocedasticidade, assumindo distribuição χ^2 e a hipótese nula de: $\sigma_i^2 = \sigma^2$ para $i = 1, \dots, N$, onde σ_i^2 é a variância do país i , (Greene, 2000) e ainda, as estimações para detetar a presença de correlação contemporânea ou de independência de seção transversal, Pesaran (2004) que segue uma distribuição normal, Frees (1995 e 2004) que segue Q-distribuição, e (1937) Friedman que usa estatística de distribuição qui-quadrado. Importa ainda referir que Frees e Friedman usam observações para todas as unidades transversais. Para tal, no estudo em específico, ao estudar países da UE que se regem por diretrizes energéticas comuns a todos eles, torna-se possível verificar existência de correlação contemporânea (Marques e Fuinhas, 2012).

De maneira, a atestar a relevância estatística dos efeitos individuais não observáveis dos modelos estáticos de painel, utilizou-se o teste Multiplicador de Lagrange (LM). Seguidamente realizou-se ainda o teste de Hausman para testar qual a forma mais correta de estimação, efeitos aleatórios ou efeitos fixos.

Na tabela 2, apresentada em seguida podemos verificar a matriz das correlações entre as diferentes variáveis e o teste VIF.

Tabela 2: Matriz das correlações e VIF

	<i>ELCTRCT</i>	<i>LNGDP_{pc}</i>	<i>UP</i>	<i>IMPORTS</i>	<i>ICFIND</i>	<i>ENVPROTEXP</i>	<i>ENERSOLAR</i>	<i>ENERWIND</i>	<i>CO2_{pc}</i>
<i>ELCTRCT</i>	1.0000	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>LNGDP_{pc}</i>	0.4446	1.0000	-	-	-	-	-	-	-
<i>UP</i>	0.5944	0.2563	1.0000	-	-	-	-	-	-
<i>IMPORTS</i>	0.2436	0.2981	0.2422	1.0000	-	-	-	-	-
<i>ICFIND</i>	0.4001	0.1490	0.4368	0.2005	1.0000	-	-	-	-
<i>ENVPROTEXP</i>	-0.2290	-0.2022	-0.1248	-0.0723	-0.0247	1.0000	-	-	-
<i>ENERSOLAR</i>	0.5934	0.1022	0.3127	0.0166	0.2483	-0.0669	1.0000	-	-
<i>ENERWIND</i>	0.6520	0.2191	0.4768	0.1085	0.4161	-0.1242	0.8019	1.0000	-
<i>CO2</i>	0.0830	0.5020	-0.0590	0.0163	-0.0480	0.0071	0.0240	0.0248	1.0000
VIF	-	1.73	1.54	1.17	1.37	1.07	2.95	3.67	1.46
1/VIF	-	0.5783	0.6512	0.8540	0.7287	0.9332	0.3393	0.2723	0.6865
Media VIF	1.87								

Como podemos observar *ENERSOLAR* e *ENERWIND* apresentam-se correlacionadas e com um valor relativamente elevado. Para avaliarmos o problema de correlação verificado na tabela 2, realizamos o teste VIF (*Variance Inflation Factor*), e a média de VIF, também apresentados na tabela 2, onde os valores apresentados determinam que a colinearidade não condiciona a análise. Ao testarmos as variáveis separadamente denotamos que não se sucedem quaisquer alterações nos sinais, o que nos leva a assumir que a correlação verificada, está longe de ser um problema na estimação do modelo.

4. Resultados

Relativamente aos resultados obtidos, apresentamos em seguida todos os testes empíricos efetuados com o recurso ao Software STATA (Data Analysis and Statistical Software) para a estimação dos resultados, seguidos de uma análise detalhada.

Para estimar os modelos, testamos Efeitos Fixos (FE) e Efeitos Aleatórios (RE) e comparamos com o estimador OLS. No entanto, para as diferentes estimações recorrermos a variados testes. O teste Multiplicador de Lagrange (LM), para observar se o estimador OLS seria o mais adequado, onde atentamos que se mostra significativo para uma significância estatística de 1%, rejeitando a hipótese nula, de que os efeitos individuais não observáveis não são significativos para a explicação da variável dependente, ou seja, a regressão OLS não se mostrou a mais apropriada. Além disso, usamos o teste de Hausman para verificar qual dos modelos, efeitos fixos ou efeitos aleatórios, seria mais adequado. Os resultados (8.38) não se mostraram estatisticamente significantes, o que nos indica que a hipótese nula não é rejeitada, ou seja, os efeitos individuais não observáveis não estão correlacionados com as variáveis explicativas. Assim, concluímos que a utilização da estimação do modelo de efeitos aleatórios é mais adequado do que o modelo efeitos fixos para este estudo. Relativamente ao teste F, rejeita-se a hipótese nula para um nível de significância estatística de 1%, e conclui que as variáveis utilizadas neste estudo podem ser consideradas como relevantes na sua globalidade. No que respeita ao teste da existência de heterocedasticidade, utilizou-se o teste de Wald e verificou-se, para um nível de significância estatística de 1%, a presença de heterocedasticidade, dado existir rejeição da hipótese nula. Para tal, estimaram-se as opções robustas de modo a haver mais controlo e eficácia nos resultados.

Na tabela 2, apresentada a seguir, podemos observar as estimativas de *pooled* OLS (I e II), o painel de Fe (III e IV) e os efeitos do painel RE (V e VI), dando maior destaque ao modelo de referência para discussão dos resultados que é o estimador RE com opção robusta (DPR VI).

Tabela 3: Apresentação dos resultados

<i>Variável Dependente: Produção de Electricidade (ELCTRCT)</i>						
<i>Variáveis Independentes</i>	<i>OLS</i>		<i>Efeitos Fixos (FE)</i>		<i>Efeitos Aleatórios (RE)</i>	
	<i>DPS (I)</i>	<i>DPR (II)</i>	<i>DPS (III)</i>	<i>DPR (IV)</i>	<i>DPS (V)</i>	<i>DPR (VI)</i>
<i>LNGDP_{pc}</i>	1.2651*** (.1835)	1.2651*** (.4541)	1.2888*** (.4376)	1.2888 (.8397)	1.3161*** (.3439)	1.3161* (.6732)
<i>UP</i>	0.0000*** (8.98e-09)	0.0000*** (2.30e-08)	0.0000 (1.57e-07)	0.0000 (5.57e-07)	0.0000*** (2.43e-08)	0.0000** (2.69e-08)
<i>IMPORTS</i>	0.0010 (.0008)	0.0010 (.0019)	0.0050*** (.0006)	0.0050*** (.00095)	0.0051*** (.00057)	0.0051*** (.00112)
<i>ICFIND</i>	0.4006** (.1939)	0.4006 (.4358)	0.5820*** (.1369)	0.5820** (.27866)	0.5388*** (.1338)	0.5388** (.2715)
<i>ENVPROTEXP</i>	-2.3386*** (.8660)	-2.3386 (1.7154)	-0.6999 (.6918)	-0.6999 (.6323)	-0.7783 (.6771)	-0.7783 (.7937)
<i>ENERSOLAR</i>	3.9841*** (.6245)	3.9841*** (.7467)	2.9977*** (.3726)	2.9977*** (.7958)	2.8886*** (.3458)	2.8886*** (.5554)
<i>ENERWIND</i>	0.0902* (.0466)	0.0902 (.1555)	0.0895** (.0376)	0.0895 (.0875)	0.1121*** (.0306)	0.1121 (.0722)
<i>CO2</i>	-0.0585 (.0425)	-0.0585 (.1218)	-0.2546*** (.0905)	-0.2546 (.1585)	-0.1802** (.0753)	-0.1802 (.1241)
<i>CONSTANT</i>	-9.9562*** (1.5541)	-9.9562*** (3.3607)	-11.0398** (4.5085)	-11.0398 (10.9581)	-10.0259*** (3.0647)	-10.0259* (5.2575)
<i>N</i>	351	351	351	351	351	351
<i>R²</i>	0.6485	0.6485	0.6709	0.6709		
<i>F (N(0,1))</i>	78.87***	93.09***	80.51***			
<i>Wooldridge test F(N(0,1))</i>	45.925***					
<i>Wald test (χ^2)</i>					51306.30***	
<i>LM (χ^2)</i>					1120.01***	
<i>Hausman test (χ^2)</i>					8.38	

Nota: Desvios padrões entre parêntesis. OLS- Mínimos quadrados Ordinários. DP- Desvio Padrão Standard. DPR-Desvio Padrão Robusto. RE- Efeitos Aleatórios. FE- Efeitos Fixos. O teste F é normalmente distribuído N(0,1) e testa a hipótese nula de não significância como um todo dos parâmetros estimados. O teste de Wooldridge, foi utilizado com uma distribuição normal N (0,1) em estimador OLS com a hipótese nula de inexistência de autocorrelação. O teste Wald tem distribuição χ^2 e testa a hipótese nula de não significância de todos os coeficientes das variáveis explicativas. O Teste de Hausman tem distribuição χ^2 e testa a hipótese nula dos efeitos dos indivíduos não observados não estarem observados com as variáveis explicativas. O teste LM tem distribuição χ^2 e testa a hipótese nula da não relevância dos efeitos individuais. Todas as estimativas foram controladas de modo a incluir os efeitos de tempo, embora não relatada por simplicidade. ***, **, *, denotam significância de 1,5 e 10% respetivamente.

Dado o referido anteriormente, os resultados obtidos no teste de Hausman, demonstram que estimador mais adequado mostrou-se ser o de efeitos aleatórios. No entanto, devido à presença de heterocedasticidade, confirmado no teste de Wald, consideramos a estimação com opções robustas. Assim sendo, podemos observar mediante os resultados da Tabela 2, existir consistência entre os sinais dos coeficientes, apesar de se denotarem algumas diferenças entre os níveis de significância.

No que respeita às variáveis LNGDPpc, UP, IMPORTS, ICFIND, estas apresentaram sinais positivos e estatisticamente significantes, demonstrando são relevantes e que influenciam a produção de eletricidade a partir de resíduos. Relativamente às despesas com proteção ambiental (ENVPROTEXP) e as emissões de dióxido de carbono (CO2), mostraram-se não significantes e com sinal negativo, ou seja, não são relevantes relativamente a explicação da variável dependente, produção de eletricidade a partir de resíduos sólidos urbanos.

Relativamente a duas das principais energias renováveis testadas, ENERSOLAR e ENERWIND, denotamos que ambas apresentam sinal positivo, no entanto, apenas a energia solar (ENERSOLAR) se mostra bastante significativa.

No que respeita à presença de correlação contemporânea, apresentamos na Tabela 4, as estimações que denotam a tendência de os países se comportarem da mesma maneira, dado, tal como referido por Marques e Fuinhas, (2012), os países em análise (UE) se regerem por diretrizes energéticas comuns.

Tabela 4: Testes para verificar presença de correlação contemporânea

	<i>Pooled</i>	<i>Efeitos Fixos (FE)</i>	<i>Efeitos Aleatórios (RE)</i>
<i>pesaran</i>	-	4.956***	4.184***
<i>frees</i>	-	3.794	5.025
<i>friedman</i>	-	25.317	25.635

Nota: Pesaran, Frees e Friedman, testam a hipótese nula de independência das cross-sections. Todas as estimativas foram controladas recorrendo ao comando xtcsd, *** denotam 1% de significância.

Assim sendo, verificamos em análise dos resultados evidências de autocorrelação, ao qual, para lidar com este fenómeno se recorreu à estimação de modelos de dados em painel com intuito de remover erros de autocorrelação. Por outro lado, no sentido de corrigir a presença de correlação contemporânea e dado a existência de maior número de países do que períodos de tempo recorremos ao estimador PCSE. Este demonstra-se um estimador adequado para lidar com a presença de heterocedasticidade, como controlado com o teste de Wald, e com a presença de correlação contemporânea, obtendo-se assim, estimativas mais eficientes.

Tabela 5: Correlação contemporânea

Variável Dependente: Produção de Electricidade (ELCTRCT)				
Variáveis Independentes	PCSE			
	(VII)	(VIII)	(IX)	(X)
<i>LNGDP_{pc}</i>	1.2651*** (.1785)	1.2651*** (.1505)	1.2460*** (.2738)	1.2460*** (.2444)
<i>UP</i>	0.0000*** (8.11e-09)	0.0000*** (9.84e-09)	0.0000** (2.64e-08)	0.0000** (2.73e-08)
<i>IMPORTS</i>	0.0010 (.0007)	0.0010 (.0008)	0.0010 (.0009)	0.0010 (.0007)
<i>ICFIND</i>	0.4006** (.1722)	0.4006* (.2213)	0.0182 (.1934)	0.0182 (.1569)
<i>ENVPROTEXP</i>	-2.3386*** (.5087)	-2.3386*** (.5869)	-0.4286 (.4275)	-0.4286 (.3308)
<i>ENERSOLAR</i>	3.9841*** (1.1601)	3.9841*** (.9908)	0.6596 (.7628)	0.6596 (.6618)
<i>ENERWIND</i>	0.0902 (.0869)	0.0902 (.0741)	0.2927*** (.0987)	0.2927*** (.0880)
<i>CO2_{pc}</i>	-0.0585** (.0233)	-0.0585 (.0378)	-0.0047 (.0559)	-0.0047 (.0529)
<i>CONSTANT</i>	-9.9562*** (1.3840)	-9.9562*** (1.0828)	-10.6563*** (2.1704)	-10.6563*** (1.8817)
<i>N</i>	351	351	351	351
<i>R²</i>	0.6485	0.6485	0.3935	0.3935

Nota: PCSE – Panel Corrected Standard Errors: Desvios padrões apresentam-se entre parêntesis. Todas as estimativas foram controladas recorrendo ao comando Stata xtpcse, ***, **, *, Denotam significado de 1, 5 e 10% de significância

De acordo com o confirmado na presença de correlação contemporânea, na tabela 5, podemos verificar os resultados para a estimação dos diferentes modelos recorrendo ao software stata com o comando XTPCSE. Para tal, centralizados na estrutura do modelo de dados em painel obtemos:

- ✓ Modelo (VII) - correlação sobre os países e não existência de autocorrelação;
- ✓ Modelo (VIII) - erros heterocedásticos a nível nacional e erro comum de primeira ordem auto-regressivo (AR1);
- ✓ Modelo (IX) - correlação sobre países e autocorrelação AR (1);
- ✓ Modelo (X) - correlação sobre países e autocorrelação AR específico do país (1).

Ao observarmos os resultados podemos verificar que não se verificam alterações de sinais dos coeficientes estimados. Apenas confirmamos perdas de significância estatísticas para algumas das variáveis.

5. Discussão dos Resultados

Tendo em conta a literatura referenciada podemos observar que os resultados empíricos estão em conformidade com os aspetos teóricos referidos.

No que respeita às variáveis LNGDPpc e UP observamos de acordo com a tabela 2, que ambas apresentam um coeficiente positivo e estatisticamente significativo. No entanto, apesar de a literatura referenciar que a urbanização e o crescimento económico têm sido grandes entraves na gestão dos resíduos relativamente a impactos ambientais (Marshall e Farahbakhsh, 2013), estes continuam a ser considerados fatores importantes no que respeita ao consumo de energia elétrica (Apergis e Payne, 2011), ou seja, podemos observar que ao existir crescimento no consumo de eletricidade acompanhado de crescimento económico, existe um maior consumo de RSU. No que respeita a população urbana, esta devido ao concentrado volume de pessoas num determinado local de um país contribui para o grande aglomerado na geração de resíduos nas áreas urbanas. Assim sendo, conseguir-se-ia um melhor planeamento da gestão de resíduos. Ao corrigirmos a presença de heterocedasticidade e de correlação contemporânea continuamos a verificar que estas permanecem significantes e com influência positiva no que respeita a produção de eletricidade a partir de resíduos. No entanto, no que respeita a importação de resíduos o mesmo não se verifica, pois existe uma perda dessa significância. A variável IMPORTS apresenta-se significativa ao nível de 1% na tabela 2, o que representa que a importação de RSU para tratamento energético, tem um grande impacto na produção de eletricidade a partir de resíduos. Pretende-se assim, minimizar impactos negativos provocados pelo crescente consumo de resíduos na saúde ambiental e humana (Noor et al., 2013). Assim, subentende-se que os países importadores de resíduos estão interessados em energias limpas e consciencializados para o futuro da energia elétrica.

Promovendo o recurso a energias renováveis surgem os incentivos/subsídios para investimentos em combustíveis limpos (ICFIND) que por sua vez se tornam bastante significantes e com uma relação positiva no que toca ao reaproveitamento energético a partir dos resíduos, levando os investidores a acreditar na viabilidade de apostar em energias renováveis. Um exemplo concreto apontado por Ragwitz et al., (2007) foi o surgimento das tarifas *feed-in* que ao estipular fixação de preços diminuiu a incerteza por parte de quem investe em energias limpas, conseguindo assim obter benefícios e garantias para quem investe. No entanto, a ineficiência nos incentivos e nas políticas à utilização de energias renováveis continuam a ser um entrave. Surge, para tal, a necessidade de consciencializar os países no que respeita à implementação de medidas e estratégias que rentabilizem os investimentos (Marques e Fuinhas, 2012).

No que remete às despesas com proteção ambiental, verificamos que se apresenta não significativa e com sinal negativo face à produção de eletricidade a partir de resíduos. Estas

têm-se mostrado parcialmente ineficientes e interligadas com as emissões de CO₂. Por outro lado, também se podem mostrar negativamente ligadas a produção de eletricidade e insignificantes. Tal como referido na literatura, relativamente a metas delineadas pela UE para diminuição dos efeitos de estufa, podemos estar a observar uma redução na produção de energia o que liga negativamente a produção de eletricidade com o CO₂.

Ao analisarmos duas das principais energias renováveis testadas, energia solar (ENERSOLAR) e energia eólica (ENERWIND) reparamos que estas também estão positivamente correlacionadas mas no entanto apenas a energia solar se denota fortemente significativa. Para tal, tal como apontado por Glasnovic e Margeta, (2011), muitas continuam a ser as limitações que não permitem considerar as energias renováveis como fontes de energia estáveis e sustentáveis. Estas energias que por si só estão dependentes de condições climáticas como o sol ou o vento, condicionam o futuro do sistema de energia elétrica a partir de energias renováveis. Assim sendo, a produção de energia elétrica a partir de RS poderia ser uma solução para esse problema, pois devido ao aumento generalizado da população e o consequente aumento do consumo das sociedades poderíamos ter o ponto de partida para considerarmos a recuperação de energia elétrica a partir de resíduos um importante passo para o desenvolvimento sustentável (Noor et al., 2013).

As entidades governamentais devem ainda ter em conta que na imposição de políticas energéticas e incentivos/subsídios para produção de energias renováveis, as áreas geográficas, pois são fatores a ter em conta para a viabilidade na produção de energia elétrica renovável. Uma solução para as áreas geográficas com menor capacidade de sol ou vento, passa por misturar várias fontes de energia.

Não existem dúvidas em como a aposta em gestão dos resíduos sólidos aliada a benefícios de índole, económica social e ambiental deve ser considerada uma prioridade junto das instituições europeias. No entanto, devemos ter em conta as disparidades existentes entre os diversos países que compõem a UE, nomeadamente no que respeita as medidas ambientais impostas para países recém-integrados nos estados-membros. Neste ponto, os incentivos/subsídios na recolha de resíduos deveriam ser uma prioridade, assim como, as políticas e imposições (Torretta, et al., 2013). Estes surgem ainda na defesa de que para haver auto-sustentabilidade dos países europeus, relativamente à recolha de resíduos e à recuperação de energias limpas, deveriam existir incentivos como, prémios para os cidadãos e para os municípios que demonstrassem melhores resultados, minimizando o impacto ambiental provocado pelos RSU produzidos diariamente.

A discussão sobre a procura por energias limpas tem sido o grande debate da sociedade atual, no entanto, pretende-se ainda reter a importância dos incentivos e das políticas públicas na gestão resíduos sólidos urbanos que vêm otimizar recursos, transformando-se em oportunidades de investimento, assim como obtenção de receitas para os Países. Reconhece-se assim, que a gestão dos RS passa de um problema socio-ambiental para uma oportunidade na atuação do poder público. Resta assegurar o papel importante a desempenhar pelas

entidades reguladoras no sentido de permitirem a viabilidade dos investimentos energéticos ineficientes e assim reduzir custos aos consumidores.

Por último dado a importância denotada pelo crescimento económico e pela população urbana na produção de RS a valorização energética é defendida por muitos autores para o problema ambiental que enfrentamos. Resta acreditar no papel das entidades governamentais no que toca a incentivos, redução de custos na gestão de RS e na implementação de políticas com vista a Reduzir, Reutilizar e Reciclar resíduos.

6. Considerações Finais

O presente estudo é focado numa estimação de dados em painel para um conjunto de 27 países da UE e um horizonte temporal de 1995 a 2008, com intuito de compreender os determinantes que influenciam a produção de resíduos sólidos urbanos (RSU) no que respeita ao impacto ambiental provocado, e à recuperação de resíduos em energia elétrica. No sentido de dar resposta à questão central recorreremos à estimação de uma análise empírica usando efeitos fixos e efeitos aleatórios, assim como a aplicação de OLS. Devido à presença de heteroscedasticidade e de correlação contemporânea recorreremos ao estimador PCSE e aos modelos com estimação robusta.

A estimação dos efeitos das diversas variáveis independentes na variável dependente foi efetuada através da aplicação de dados em painel com recurso ao *software STATA*, denotando-se uma prioridade voltada no sentido de existir uma reutilização de resíduos com viabilidade económica, ambiental e social, onde a recuperação de RSU em energia elétrica é considerada uma resposta a estas necessidades. Tal como confirmado pela literatura confirmamos que fatores como urbanização, o crescimento económico, os aspetos culturais e socioeconómicos e a governação política aliada a influências internacionais têm sido grandes influências na produção energia elétrica a partir de RSU. Em contrapartida, retemos a ineficiência relativa às despesas com proteção ambiental, aos incentivos/subsídios públicos e às políticas públicas na gestão RSU que deveriam otimizar recursos, transformando-se em oportunidades de investimento com geração de emprego para as populações, assim como obtenção de receitas para os Países. Reconhece-se assim, que a gestão dos resíduos sólidos passa de um problema socio-ambiental para uma oportunidade de investimento. Para tal, concluímos que a crescente aposta nas energias renováveis que assistimos nos dias de hoje, são um importante incentivo para a recuperação de RSU em energia elétrica, pois estas são uma hipótese de suprir a intermitência que caracteriza algumas das energia renováveis que estão dependentes de questões climáticas como o sol ou o vento.

Conclui-se assim, que é necessária a atenção das administrações públicas e a consciencialização das populações para uma gestão de RSU com prioridade voltada no sentido de preservar o meio ambiente, assim como de contribuir para a produção de energia renovável. A grande finalidade passa por travar o crescimento das quantidades de RSU, assim como, conduzir a um destino apropriado, de acordo com as suas características.

As soluções passam por alterar mentalidades, e por acreditar que não se pode apenas procurar ganhos económicos diretos, mas sim técnicas que levem essencialmente a um planeta ambientalmente sustentável, com visa na redução, reutilização e reciclagem de resíduos.

Referências

- Apergis, N., Payne, J., 2011. "A dynamic panel study of economic development and the electricity consumption-growth nexus". *Energy Economics* 33, 770-781.
- Bidart, C., Fröhling, M., Frank Schultmann, F., 2013. "Municipal solid waste and production of substitute natural gas and electricity as energy alternatives". *Applied Thermal Engineering* 51, 1107-1115.
- Burnley, S., Phillips, R., Coleman, T., Rampling, T., 2011. "Energy implications of the thermal recovery of biodegradable municipal waste materials in the United Kingdom". *Waste Management* 31, 1949-1959.
- Consonni, S., Viganò, F., 2011. "Material and energy recovery in integrated waste management systems: The potential for energy recovery". *Waste Management* 31, 2074-2084.
- Consonni, S., Giugliano, M., Massarutto, A., Ragazzi, M., Saccani, C., 2011. "Material and energy recovery in integrated waste management systems: Project overview and main results". *Waste Management* 31, 2057-2065.
- Cheng, H., Hu, Y., 2010. "Municipal solid waste (MSW) as a renewable source of energy: Current and future practices in China". *Bioresource Technology* 101, 3816-3824.
- De Witte, k., Simões, P., Cunha Marques, R., 2010. "Regulatory structures and operational environment in the Portuguese waste sector". *Journal of waste management* 30, 1130-1137.
- Greene, W., 2003. *Econometric Analysis*, 5th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Greene, W., 2008. *Econometric Analysis*, 6th ed., Prentice Hall.
- Glasnovic, Z., Margeta, J., 2011. "Vision of total renewable electricity scenario". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 1873 - 1884.
- Keser, S., Duzgun, S., Aksoy, A., 2012. "Application of spatial and non-spatial data analysis in determination of the factors that impact municipal solid waste generation rates in Turkey". *Waste Management* 32, 359-371.
- Kathirvale, S., Noor Muhd Yunus M., Sopian k., Halim Samsuddin A., 2003. "Energy potential from municipal solid waste in Malaysia". *Renewable Energy* 29, 559-567.

Luickx, P., Delarue, E., D'haeseleer, W., 2010. "Impact of large amounts of wind power on the operation of an electricity generation system: Belgian case study". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 2019 - 2028.

Lupa, C., Ricketts, L., Sweetman, A., Herbert B., 2011. "The use of commercial and industrial waste in energy recovery systems - A UK preliminary study". *Waste Management* 31, 1759-1764.

LEVY, J.Q., CABEÇAS, A., "Resíduos Sólidos Urbanos - princípios e processos", edição AEPsA, ISBN 9899505900, Lisboa, Abril 2006.

Lino, F.A.M., Ismail, K.A.R., 2011. "Energy and environmental potential of solid waste in Brazil". *Energy Policy* 39, 3496-3502.

Lino, F.A.M., Ismail, K.A.R., 2012. "Analysis of the potential of municipal solid waste in Brazil". *Environmental Development* 4, 105-113.

Massarutto, A., De Carli, A., Graffi, M., 2011. "Material and energy recovery in integrated waste management systems: A life-cycle costing approach". *Waste Management* 31, 2102-2111.

Marshall, R., Farahbakhsh, K., 2013. "Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries". *Waste Management* 33, 988-1003.

Münster, M., Meibom, P., 2011. "Optimization of use of waste in the future energy system". *Energy* 36, 1612-1622.

Münster, M., Lund, H., 2010. "Comparing Waste-to-Energy technologies by applying energy system analysis". *Waste Management* 30, 1251-1263.

Marques A., Fuinhas J. e Manso J., 2010. Motivations driving renewable energy in European countries: a panel data approach. *Energy Policy*. 38, 6877-6885.

Marques A. e Fuinhas J., 2012. Are public policies towards renewables successful? Evidence from European countries. *Renewable Energy*. 1-10.

Nikolakakis, T., Fthenakis, V., 2011. "The optimum mix of electricity from wind and solar sources in conventional power systems: Evaluating the case for New York State". *Energy Policy* 39, 6972 - 6980.

Noor, Z., Yusuf, R., Abba, A., Hassan, M., Din, M., 2013. "An overview for energy recovery from municipal solid wastes (MSW) in Malaysia scenario". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 20, 378-384.

Oliveira, L., Rosa, L., 2003. "Brazilian waste potential: energy, environmental, social and economic benefits". *Energy Policy* 31, 1481-1491.

Pires, A., Martinho, G., Chang N., 2011. "Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques". *Journal of Environmental Management* 92, 1033-1050.

Ragwitz M., Held A., Resch G., Faber T., Haas R., Huber C., Coenraasds R., Voogt M., Reece G., Morthorst P., Jesen S., Konstantinaviciute I. e Heyder B., 2007. "Assessment and optimization of renewable energy support schemes in the European electricity market (OPTRES)". Intelligent Energy Europe, Karlsruhe.

Torretta, V., Ragazzi, M., Istrate, I., Rada, E., 2013. "Management of waste electrical and electronic equipment in two EU countries: A comparison". *Waste Management* 33, 117-122.

Vollebergh, H., 1997. "Environmental externalities and social optimality in biomass markets: waste-to-energy in The Netherlands and biofuels in France". *Energy Policy* 25, 605-621.

Varun, Prakash, R., Bhat, I., 2009. "Energy, economics and environmental impacts of renewable energy systems". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, 2716 -2721.

Xudong, C., Geng, Y., Fujita, I., 2010. "An overview of municipal solid waste management in China". *Journal of waste management* 30, 716-724.

Zahedi, A., 2011. "A review of drivers, benefits, and challenges in integrating renewable energy sources into electricity grid". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 4775 - 4779.

Zappini, G., Cocca, P., Rossi, D., 2010. "Performance analysis of energy recovery in an Italian municipal solid waste landfill". *Energy* 35, 5063-5069.